



RK/VAK

Hajautettu ilmastonoinnin ohjausjärjestelmä

Joni Viiperi

Opinnäytetyö
Maaliskuu 2014
Sähkötekniikan
koulutusohjelma
Sähkövoimatekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Sähkövoimatekniikka

JONI VIIPERI:

RK/VAK

Hajautettu ilmastoinnin ohjausjärjestelmä

Opinnäytetyö 40 sivua, joista liitteitä 5 sivua
Toukokuu 2014

Tässä tutkimuksessa selvitetään Schneider Electric Oy:n uutta hajautettua ilmastoinnin ohjausjärjestelmää. Uuteen järjestelmään kosketuksissa olevien tahojen näkemys hajautetusta järjestelmästä on hankittu haastatteluiden avulla.

Rakennusurakoissa kilpailun kiristyessä on ratkaisuja ja säästöjä haettava uusien innovaatioiden ja toimintatapojen kautta. Suunnittelijat ja urakoitsijat ovat rutinoituneet tekemään urakoita totutulla tavalla. Vanhat toimintatavat ovat juurtuneet syvälle ja näin ollen uusien innovaatioiden sisäänajo on haastavaa. Menestyäkseen uusien innovaatioiden tulee olla tilaajalle taloudellisesti kannattavia tai tarjota muita huomattavia etuja. Yleistyäkseen uuden järjestelmän tulee olla urakoitsijoille mielekäs toteuttaa ja tuoda lisäarvoa myös loppukäyttäjälle.

Perinteisesti käytössä olevassa keskitetyssä ilmastoinnin ohjausjärjestelmässä konehuoneessa on erilliset ryhmä- ja valvonta-alakeskukset, joista on vahva- ja heikkovirtakaapeloinnit konehuoneen poikki jokaiselle ilmanvaihtokoneelle. Hajautetulla ilmastoinnin ohjausjärjestelmällä toteutetussa konehuoneessa on erillinen ryhmä- ja valvonta-alakeskus hajautettu ilmanvaihtokoneiden yhteyteen yhtenäisiksi fyysisesti pienemmiksi keskuskokonaisuuksiksi. Koneiden yhteydessä olevien keskuskokonaisuuksien ryhmäkeskusosaan on sähkönsyöttö suoraan nousukeskukselta, jolloin konehuoneen perinteinen iso ryhmäkeskus ilmanvaihtokoneille jää tarpeettomaksi. Koneen yhteydessä sijaitsevan keskusyhdistelmän valvonta-alakeskusosasta on keskitettyä järjestelmää huomattavasti lyhyemmät heikkovirtakaapeloinnit kenttälaitteille. Hajautetun ilmastoinnin ohjausjärjestelmän keskusyhdistelmät ovat yhdistetty toisiinsa väyläkaapeloinnilla.

Tutkimuksesta selviää, että käytettäessä hajautettua ilmastoinnin ohjausjärjestelmää kaapelointimäärää ilmanvaihtokonehuoneessa vähenee noin 76% ja kaapeloinnin kokonaiskustannukset vähenevät noin 65,1%:lla. Hajautettu ilmastoinnin ohjausjärjestelmä myös mahdollistaa ilmanvaihtokoneiden käyttöönoton yksitellen urakan edetessä, kun perinteisessä keskitetyssä järjestelmässä ilmanvaihdon sai käyttöönotettua vasta erillisten ryhmä- ja valvonta-alakeskuksien valmistuttua. Keskuksien ollessa fyysisesti pienempiä toimitus työmaalle helpottuu, joka helpottaa varsinkin saneerausurakoita. Keskuksien ollessa ilmanvaihtokoneiden välittömässä läheisyydessä koneiden testaus käyttöönottovaiheessa selkeytyy. Konehuoneen huolto ja kunnossapito helpottuu, sekä käyttövarmuus paranee mahdollisten vikojen kohdistuessa vain yksittäiseen ilmanvaihtokoneeseen.

Asiasanat: automaatio, hajautettu, ohjausjärjestelmä, ilmanvaihto

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical Engineering
Option of Electrical Power Engineering

VIIPERI, JONI:
DB/ AB
Decentralized Air Conditioning Control System

Bachelor's thesis 40 pages, appendices 5 pages
May 2014

This thesis presents Schneider Electric Ltd's new decentralized air conditioning control system. Parties' view of the new decentralized system was obtained by interviews.

Competition has become tougher in construction projects and that has decreased prices. New solutions and ways of operating are essential in order to manage in tougher competition. Designers and constructors are used to do projects in the same way they have always done. Old habits are deeply rooted and therefore implementing new innovations is a challenging task. To succeed new innovations have to be profitable or must provide other significant benefits to the client. New solutions have to be somehow meaningful for all the constructors and end-users as well.

Commonly used centralized air conditioning control system's engine room consist of large distribution board and automation switchboard. From distribution board and automation switchboard there are cablings across the engine room to each ventilation unit. Decentralized air conditioning control system consists of physically smaller combined distribution board and automation switchboard attached to each ventilation unit. Power supply to combined boards is obtained directly from main distribution board which leaves the traditional distribution board for ventilation units useless in engine room, therefore offering significant savings in cabling costs. Being attached to the ventilation unit, combined distribution boards allow much shorter low voltage cabling from automation part of the combined distribution board to sensors and other field devices. Combined distribution boards are linked to each other with bus network.

The study showed that using decentralized air conditioning control system provided significant savings in engine room cabling costs. Cabling length decreased by 76% and total cabling cost decreased by 65,1%. Decentralized air conditioning control system also allows initialization of single ventilation at a time, where as in centralized air conditioning control system all the switchboards have to be completed in order to initialize ventilation units. Combined distribution boards are physically smaller than unattached distribution board and automation switchboard. Smaller combined distribution boards are easier to deliver to the worksite which is useful especially with renovation projects. As combined distribution boards are attached to ventilation units it clarifies testing in the initialization phase. Service and maintenance becomes easier and dependability increases as possible failure can only affect one ventilation unit at a time.

Key words: automation, decentralized, control system, ventilation

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	TYÖN RAJAUS.....	6
3	KESKITETYN JA HAJAUTETUN JÄRJESTELMÄN EROT	7
3.1	Keskitetty järjestelmä	8
3.2	Hajautettu järjestelmä	9
3.2.1	Hajautettu järjestelmä Acti 9 Smartlink -järjestelmällä toteutettuna	10
3.3	Taajuusmuuttajat.....	12
3.4	Keskukset.....	13
3.5	Urakka- ja toimitusrajat	16
4	KÄYTTÖKOhteET	17
4.1	Uudiskohteet	17
4.2	Saneerauskohteet	17
4.3	Esimerkkikohteen määrittäminen ja laskut.....	18
4.3.1	Laskut keskitetyllä järjestelmällä toteutettuna	21
4.3.2	Laskut hajautetulla järjestelmällä toteutettuna.....	22
5	HAASTATTELUTULOKSET	26
5.1	Huolto ja kunnossapito	27
5.1.1	MAMK / Schneider Electric Oy	27
5.1.2	Ideapark / Schneider Electric Oy	28
5.2	Kotelovalmistaja	28
5.2.1	JiS automation Oy	28
5.3	Sähköurakoitsija.....	29
5.3.1	SKM-Asennus Oy	29
5.4	Automaatiourakoitsija.....	30
5.4.1	Schneider Electric Oy	30
5.5	LVI-urakoitsija.....	31
5.5.1	KaihlaSet Oy	31
5.6	LVI-suunnittelu.....	31
5.6.1	Systemair Oy	31
5.7	Tilaaaja	32
5.7.1	Technopolis Oyj	32
6	YHTEENVETO	33
6.1	Johtopäätökset.....	34
7	LÄHTEET	35
8	LIITTEET.....	36

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä selvitetään Schneider Electric Finland Oy:lle ryhmäkeskus ja valvonta-alakeskus-yhdistelmän, eli RK/VAK-yhdistelmän markkinamahdollisuuksia. Opinnäytetyössä verrataan keskitettyä ja hajautettua järjestelmää uudiskohteissa. Työssä katsotaan uutta hajautettua toimintatapaa kaikkien osapuolien kannalta. Lisäksi selvitetään tilaajan, suunnittelijoiden, urakoitsijoiden ja keskustoimittajien kiinnostus hajautettuun ilmastoinnin ohjausjärjestelmään nykyisen keskitetyn järjestelmän sijaan uudiskohteissa haastatteleamalla edellämainittuja. Lopuksi on selvillä, onko hajautetulle järjestelmälle riittävästi kysyntää ja kannattaako Schneider Electricin investoida järjestelmän lanseeraamiseen markkinoille.

Schneider Electric Oy on vuonna 1836 perustettu maailmanlaajuinen energianhallinnan asiantuntija, jolla on toimintaa yli 100 maassa. Se tarjoaa integroituja ratkaisuja lukuisille eri markkinasegmenteille. Konserni on johtava toimija energia- ja infrastruktuurimarkkinoilla, teollisissa prosesseissa, rakennusautomaatiossa sekä tietoliikennekeskuksissa ja -verkoissa. Lisäksi se on laajalti edustettuna asuinkiinteistösovelluksissa.

Schneider Electric työllistää maailmanlaajuisesti yli 140 000 työntekijää. Vuonna 2012 yrityksen liikevaihto oli 24 miljardia euroa. Suomessa Schneider Electric toimii 22 paikkakunnalla, ja työllistää yli tuhat työntekijää. Tampereella rakennusautomaatioon keskittyvässä Buildings-yksikössä työskentelee 80 työntekijää.

2 TYÖN RAJAUS

Työssä selvitetään hajautetun ilmastoinnin ohjausjärjestelmän toimintaa ja eroja nykyiseen keskitettyyn ohjausjärjestelmään. Työssä kerrotaan uuden hajautetun ohjausjärjestelmän hyödyistä ja haitoista eri urakoitsijoiden näkökulmasta. Samalla selvitetään millaisiin kohteisiin hajautettua ilmastoinnin ohjausjärjestelmää voidaan käyttää.

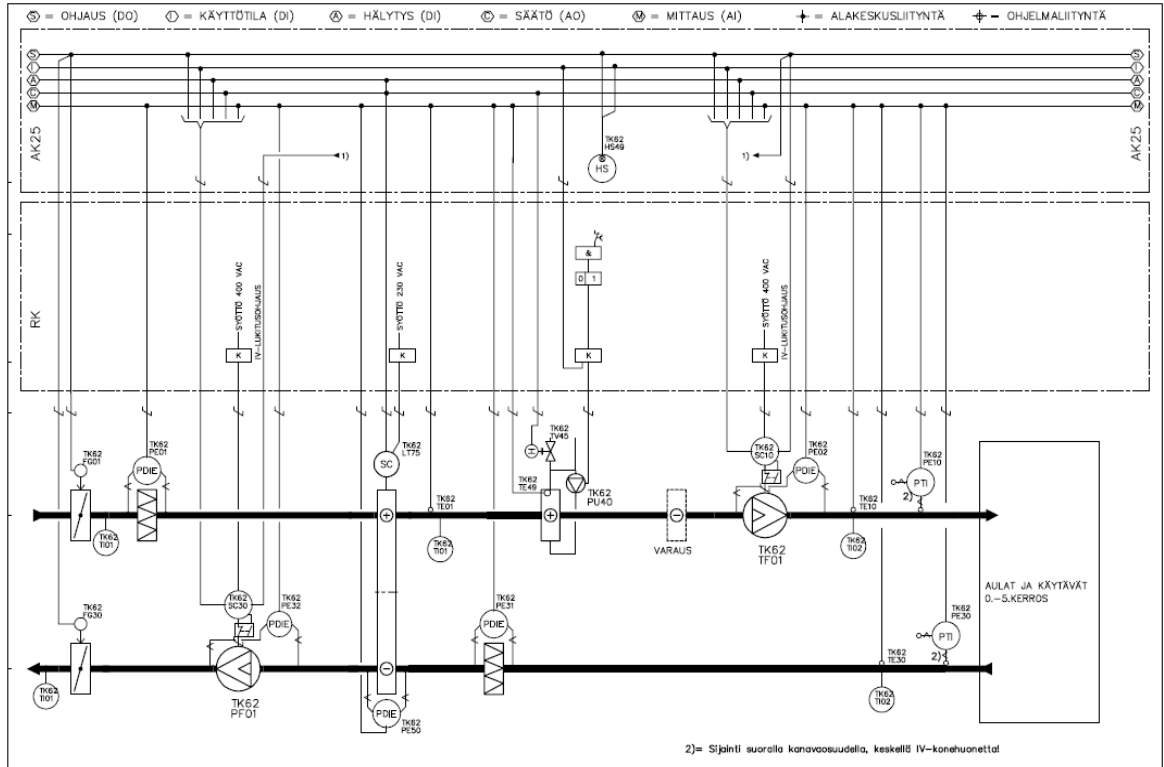
Työssä esitetyt hinnat ovat SLO:n internetsivuillaan tarjoamia ALV 0%-hintoja, todellisuudessa yritykset ovat tehneet omat sopimuksensa tukkuliikkeen kanssa ja saavat sopimuksiensa mukaan tuotteet huomattavasti edullisemmin.

Tässä työssä ei keskitytä ilmanvaihtokoneen ohjaukseen komponenttitasolla. Esimerkkikohteen laskuissa ei ole laskettu Acti 9 -keskusten moduuleista ja komponenteista syntyviä hintaeroja. Tässä työssä olevat hajautetun järjestelmän RK/VAK-keskukset ovat kooltaan suuntaa antavia. Todellisten keskusten koot määritellään projektikohtaisesti.

Työn lopuksi jää käsitys millaisiin kohteisiin ohjausjärjestelmä soveltuu ja onko ohjausjärjestelmällä tarpeeksi kysyntää, jotta järjestelmä voidaan lanseerata markkinoille. Mikäli hajautetulle ohjausjärjestelmälle on kysyntää, olisi järkevää tutkia esimerkiksi mahdollisuutta muutaman eri kokoisen valmiiksi ohjelmoidun keskuksen tuotepakettiin. Hajautetun ohjausjärjestelmän mahdollisen lanseeramisen mukanaan tuomiin tuotteisiin ei tässä työssä kuitenkaan ole keskitytty.

3 KESKITETYN JA HAJAUTETUN JÄRJESTELMÄN EROT

Säätökaavioista selviää ilmanvaihtokoneen toimilaitteet ja niiden johdotus. Kuvan 1 säätökaavioesimerkki on Tampereen ammattikorkeakoulun H-siiven TK62 ilmanvaihtokoneesta. kuvasta käy ilmi runsas instrumentointikaapeloinnin määrä valvonta-alakeskukselle.



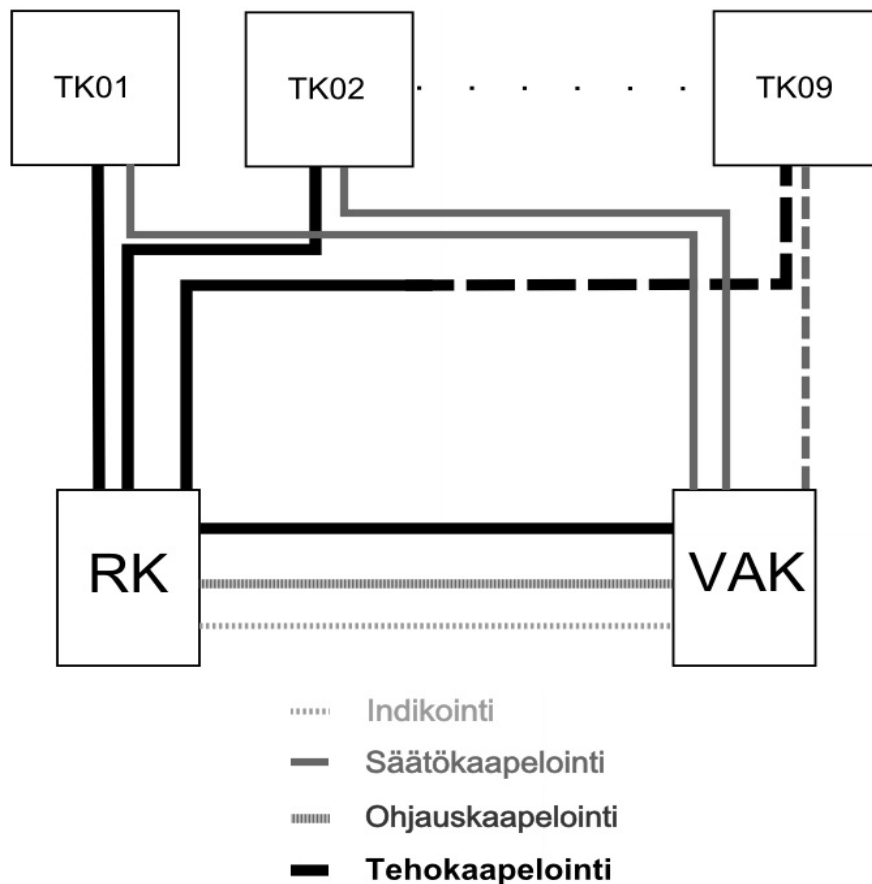
Kuva 1. Ilmanvaihtokone TK62:n säätökaavio.

Ilmanvaihtokoneen koon kasvaessaan yksittäisen koneen kaapelointimäärä ei kuitenkaan tästä juurikaan muutu. Ilmanvaihtokonehuoneen ollessa useita kymmeniä metrejä pitkä, kaapelivedot ovat yhteensä jo satoja metrejä. Instrumentointikaapelointeja voidaan vähentää sijoittamalla valvonta-alakeskukset mahdollisimman lähelle ilmanvaihtokonetta.

TK62:n säätökaavion piirrosmerkit ja laitteet selviävät liitteenä olevasta laiteluettelosta. Laiteluettelo on esitetty liitteiden kuvassa 12.

3.1 Keskitetty järjestelmä

Perinteisesti käytössä olevassa keskitetyssä järjestelmässä ilmanvaihtokonehuoneessa on erilliset ryhmä- ja valvonta-alakeskukset, joista on kaapeloinnit ilmanvaihtokoneille. Ryhmäkeskukselle on nousukeskukselta tuotu yksittäinen nousukaapeli, ryhmäkeskukselta on sähkönsyöttö jaettu ilmanvaihtokoneille.



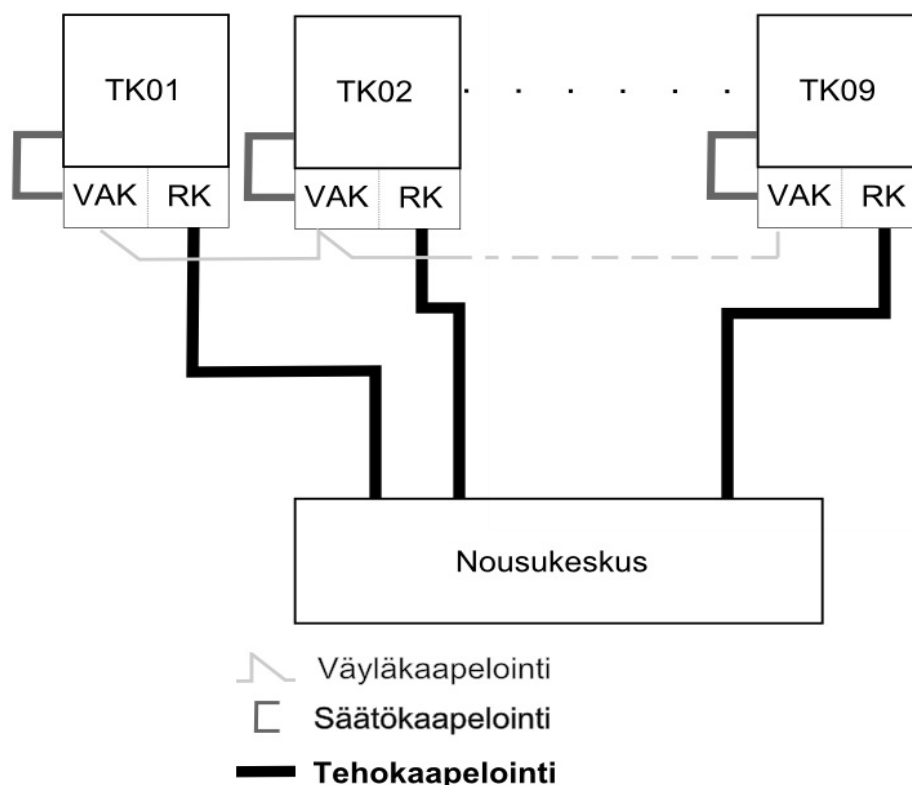
Kuva 2. Havainnekuva keskitetyn järjestelmän kaapeloinnista.

Kuten kuvasta 2 nähdään on keskitetyllä järjestelmällä toteutettu ilmastoinninohjaus kaapeloinniltaan raskas. Ryhmäkeskukselta on tehokaapelointi VAK:lle ja erikseen jokaiselle iv-koneelle. Syötön lisäksi ryhmäkeskuksen ja valvonta-alakeskuksen välille vedetään myös monijohtimiset ohjauskaapeloinnit(MMO) ja indikoinnit(NOMAK). Valvonta-alakeskukselta on pitkät säätökaapeloinnit jokaiselle kenttälaitteelle.

VAK:n vikatilanteessa keskitetty järjestelmä saattaa sarjarakenteensa vuoksi sammuttaa koko ilmastointijärjestelmän. Vian etsintä on myös huomattavasti vaikeampaa usean ilmanvaihtokoneen ollessa pysähdyksissä.

3.2 Hajautettu järjestelmä

Hajautetussa järjestelmässä ilmanvaihtokonehuoneen erilliset ryhmä- ja valvonta-alakeskukset on korvattu ilmanvaihtokoneiden yhteyteen sijoitetuilla RK/VAK keskusyhdistelmillä. Tällä keskuksien sijoittelulla saadaan heikkovirtakaapeloinnin määrä mahdollisimman vähäiseksi. Keskitetystä järjestelmästä poiketen jokaiselle keskusyhdistelmälle on nousukeskukselta erillinen nousukaapelointi.



Kuva 3. Havainnekuva hajautetun järjestelmän kaapeloinnista.

Kuvasta 3 nähdään hajautetun järjestelmän kaapelointi. Nousukeskukselta RK/VAK:n ryhmäkeskusosaan vedetty tehokaapelointi on järjestelmän ainoa pitkä kaapelointi. RK/VAK:n valvonta-alakeskukselta on säättökaapelointi kenttälaitteille. Valvonta-alakeskukset on kytketty toisiinsa väyläkaapelilla. Kuvan 2 keskitettyyn järjestelmään verrattuna on hajautettu järjestelmä kaapeloinniltaan huomattavasti selkeämpi.

Hajautetulla järjestelmällä on mahdollisuus ottaa yksittäisiä iv-koneita käyttöön sitä mukaan kun projekti etenee, esimerkiksi yksittäisen osaston valmistuttua.

Hajautetussa järjestelmässä rinnakkaisrakenteen ansiosta VAK/RK-vika kohdistuu vain yksittäiseen iv-koneeseen, jolloin vika on helpompi paikallistaa.



Kuva 4. Hajautetun järjestelmän RK/VAK-yhdistelmän ja taajuusmuuttajien sijoitus ilmanvaihtokoneen yhteyteen.

Kuvassa 4 on RK/VAK-yhdistelmä ja taajuusmuuttajat sijoitettu ilmanvaihtokoneen yhteyteen. RK/VAK yhdistelmä on tässä kohteessa erillisissä koteloissa, mutta ideaalitapauksessa olisivat ne samassa rungossa ja taajuusmuuttajien syöttö RK/VAK:n ryhmäkeskusosasta.

3.2.1 Hajautettu järjestelmä Acti 9 Smartlink -järjestelmällä toteutettuna

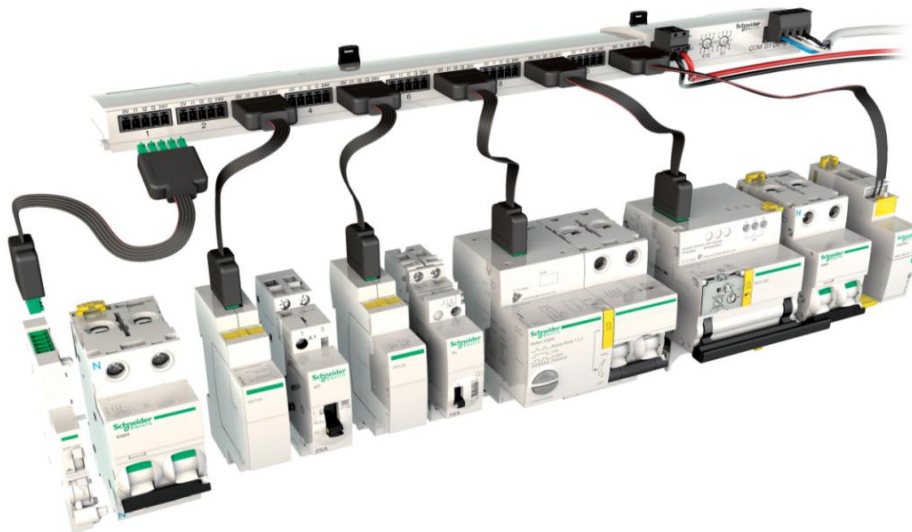
Schneider Electricin Acti 9 Smartlink -järjestelmällä voidaan vähentää konehuoneen erillisiä keskuspisteitä ja tuoda esimerkiksi valaistuksenohjaus iv-koneen RK/VAK-koteloon. Järjestelmällä voidaan vähentää RK:n ja VAK:n välistä kaapelointia huomattavasti, kun indikointi ja moduulikojeiden ohjaus voidaan toteuttaa Modbus-väylän kautta sen sijaan, että vedettäisiin erilliset ohjauskaapelit(MMO) ja instrumentointikaapelit(NOMAK). Acti 9 -järjestelmä mahdollistaa ilmastoinninohjausjärjestelmän seuraamisen sekä ohjaamisen reaaliaikaisesti etänä ja Modbus/Ethernet kortin avulla myös verkon kautta web-käyttöliittymällä. Perinteiset keskuskomponentit korvataan kuvassa 5. näkyvillä Acti 9 -sarjan moduulikojeilla, jolloin keskukselta saadaan minimoitua I/O-moduulit, apukontaktorilähdöt ja niiden riviliittimet. Minimoimalla kytkentäpisteet järjestelmä yksinkertaistuu ja samalla mahdolliset vikakohdat vähenevät. Acti 9 -moduulituotteiden ohjaus tapahtuu

Smartlink-kiskon kautta. Keskuskomponenteilta, kuten johdonsuojakatkaisijoilta, vikavirtasuojilta ja kontaktoreilta saadaan lähtöjen tila- ja hälytystiedot Smartlink-kiskoon, joko suoraan tai DC-ohjattujen Smartlink-ohjainten kautta. Tilatiedot välitetään Modbus-väylän tai Ethernetin kautta valvontajärjestelmään.

Smartlink -järjestelmän kautta saadaan valvomoon helposti tilatiedot esimerkiksi raitis- ja poistoilmapeltien ohjauksien asennoista. Jotta varmistuttaisiin peltien, venttiilien yms. todellisesta tilasta on laitteiden yhteydessä oltava ristiriitahälytystä varten myös anturit tai rajakytkimet. Kentälaitteiden mittaustiedot kerätäänkin edelleen I/O-moduulien kautta.

Smartlink -järjestelmään voidaan kytkeä energiamittaus, jolloin voidaan valvoa yksittäisten puhaltimien toimintaa ja saadaan valvontajärjestelmään iv-konekohtaista mittaustietoa energiankulutuksesta. Järjestelmään voidaan kytkeä myös esimerkiksi automaattinen jälleenkytkentämoduuli, jolla on mahdollista automaattisesti jälleenkytkeä johdonsuojakatkaisija tai vikavirtasuoja vian jälkeen.

Acti 9 -järjestelmä soveltuu toimintojensa puolesta varsinkin kohteisiin, jossa on oma valvomo ja muukin kiinteistöautomaatio toteutettu Modbus-väylällä, jolloin uudet väyläkaapelivedot saadaan pidettyä vähäisinä ja reaaliaikaisista tila- ja hälytystiedoista sekä ohjauksista saadaan kaikki hyöty irti. Tulevaisuudessa Smartlink -järjestelmä on saatavilla myös Ethernet-väylään, jolloin ollaan entistään tehokkaammin yleiskaapeloinnin piirissä.



Kuva 5. Schneider Electricin Acti 9 Smartlink -järjestelmä.

3.3 Taajuusmuuttajat

Perinteisessä keskitetyssä järjestelmässä kaikki taajuusmuuttajat saattavat olla pahimmillaan keskitetysti omalla seinällä, josta on vedetty pitkät häiriösuojatut kaapeloinnit jokaiselle ilmanvaihtokoneelle.

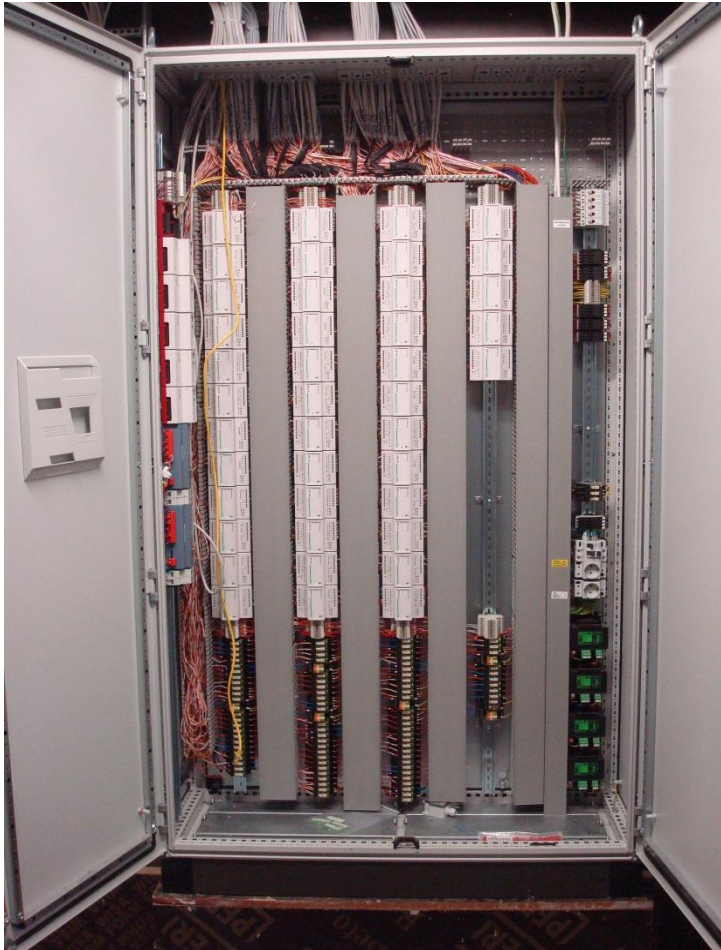
Taajuusmuuttajien ollessa ilmanvaihtokoneen yhteydessä mahdollisimman lähellä puhallinmoottoreita häiriösuojatun kaapeloinnin määrä minimoidaan ja turvakytin saadaan sijoitettua ennen taajuusmuuttajaa.

Tällä turvakytimen sijoittelulla voidaan käyttää EMC-suojaamattomia turvakytimiä, jotka ovat koosta riippuen noin 30-50% edullisempia kuin EMC-suojatut turvakytimet. Esimerkiksi enintään 7,5kW moottorille; EMC-suojaamaton(ABB OTP16T3M) turvakytin on 45% halvempi, kuin EMC-suojattu vastaava turvakytin(ABB OTE16T3M 1S). Ennen taajuusmuuttajaa sijoitetulla turvakytimellä vältetään mahdollisilta EMC-häiriöiden vuodoilta turvakytimen kotelosta vaikka kotelo olisikin EMC-suojattu. Ennen taajuusmuuttajaa sijoitetulla turvakytimellä myös taajuusmuuttaja saadaan jännitteettömäksi huollon ajaksi.

Taajuusmuuttajien sähkönsyöttö otetaan RK/VAK-yhdistelmän RK-osasta, jolloin RK/VAK:n sähkönsyötön mitoituksessa tarvitsee ottaa huomioon kasvanut kuorma. Isot taajuusmuuttajat voidaan kaapeloida myös erikseen nousukeskukselta, jolloin voidaan käyttää poikkipinta-alaltaan pienempiä kaapeleita kuin RK/VAK:n kautta kaapeloituna, mutta kaapelivetojen määrä kasvaa.

3.4 Keskukset

Yleisesti käytössä olevan keskitetyn järjestelmän ja uuden hajautetun järjestelmän silmiinpistävimpänä erona ovat muuttuneet keskukset. Tässä osiossa on esiteltynä hajautetun järjestelmän myötä keskuksiin tulevat muutokset.



Kuva 6. Keskitetyn järjestelmän valvonta-alakeskus.

Kuvassa 6 on keskitetyllä järjestelmällä toteutettu valvonta-alakeskus Hervannan Technopoliksen iv-konehuoneesta. Kuvasta nähdään I/O-moduulien runsas lukumäärä ja tätä kautta lattiamallisen keskuksen iso fyysinen koko verrattuna kuvan 7 RK/VAK-keskukseen. Kuvasta käy myös ilmi runsas kaapelointi valvonta-alakeskukselle.

Hajautetun järjestelmän RK/VAK-keskus koostuu ryhmä- ja valvonta-alakeskusosasta. RK/VAK-keskuksia on hajautetussa järjestelmässä useampia verrattuna keskitettyyn järjestelmään, jossa on yksi iso RK ja VAK.


















Kuva 7a,b. RK/VAK:n ryhmäkeskus ja valvonta-alakeskus.

Kuvassa 7 on iv-koneen yhteyteen päällekkäin asennetut Fiboxin valmistamat muoviset RK- ja VAK-kotelot. RK/VAK yhdistelmä on tässä tapauksessa erillisissä koteloidissa. RK/VAK-yhdistelmien kotelointi samaan runkoon, mutta säädösten mukaan omilla ovillaan selkeyttää konehuonetta entisestään. Koteloiden tulee täyttää SFS-EN 61439 standardin mukaiset vaatimukset. Iv-koneen kanavapellit ovat ohuita, joten keskusyhdistelmän taakse tarvitsee kiinnityslevyn. RK/VAK-yhdistelmä voidaan toimittaa myös lattiamallina omilla jaloillaan. Lattiamalli vie enemmän konehuoneen lattiatilaa, mutta keskusyhdistelmän asennus onnistuu helpommin yhdeltä asentajalta.

Koteloksi valikoitui Schneider Electricin omasta valikoimasta Prisma Plus G-kotelosarja. Kotelosarjan kotelot ovat tarpeeksi leveitä Smartlink-kiskostolle ja helposti muokattavissa. Kuvassa 8 on esiteltynä kotelosarjan kokovaihtoehtoja. Prisma-sarjasta saadaan luotua keskus joka tarpeeseen yhdistelemällä keskusosia toisiinsa. RK/VAK-keskus luodaan kahdesta toisiinsa liitetystä kotelosta, jolloin vahva- ja heikkovirtapuoli saadaan oman läpinäkyvän oven taakse. Koteloihin voidaan yhdistää myös kaapelikourut, jolloin johdotus on selkeämpää ja keskuksiin jää enemmän tilaa. Keskuksiksi valitaan esimerkiksi kaksi kappaletta pienimpiä 7- moduulin korkuisia keskuksia päällekkäin asennettuna. Mikäli taajuusmuuttajat halutaan keskuksen sisään RK-osan tulee olla korkeampi.

Ovella varustettujen Prisma-sarjan koteloiden IP-luokitus on IP55 ja ne kestävät 640A:n käyttövirran sekä 50kA:n oikosulkuvirran keskuksella.

Type		Basic enclosure, width 600 mm			Extension enclosures, width 600 mm				
									
No. of vertical modules of 50 mm	Height in mm	Basic enclosure	Frame + plain door	Frame + transparent door	Rear	Top and bottom plates for side-by-side combination	Side panels for vertical combination	Frame + plain door	Frame + transparent door
7	450	08302	08322	08332	08312	08371	08352	08322	08332
11	650	08303	08323	08333	08313	08371	08353	08323	08333
15	850	08304	08324	08334	08314	08371	08354	08324	08334
19	1050	08305	08325	08335	08315	08371	08355	08325	08335
23	1250	08306	08326	08336	08316	08371	08356	08326	08336
27	1450	08307	08327	08337	08317	08371	08357	08327	08337
33	1750	08309	08329	08339	08319	08371	08359	08329	08339

Type		Ducts, width 300 mm		Wall-mounted enclosures, width 300 mm			
							
No. of vertical modules of 50 mm	Height in mm	Rear + plain door	Top and bottom plates	Rear + plain door	Top and bottom plates	Side panels	2 struts
7	450	08342	08372	08342	08372	08352	2 x 01025
11	650	08343	08372	08343	08372	08353	2 x 01025
15	850	08344	08372	08344	08372	08354	2 x 01025
19	1050	08345	08372	08345	08372	08355	2 x 01025
23	1250	08346	08372	08346	08372	08356	2 x 01025
27	1450	08347	08372	08347	08372	08357	2 x 01025
33	1750	08349	08372	08349	08372	08359	2 x 01025

Kuva 8. Koteloratkaistu ja Prisma Plus G-kotelosarjan kokovaihtoehtodot.

Keskuksen RK-osasta on sulakkeelliset lähdöt VAK:n 230/24VAC muuntajalle, puhaltimien taajuusmuuttajille, jälkilämmityspatterille, lämmöntalteenotolle ja mahdollisille pistorasioille. Acti 9 -järjestelmää käytettäessä tulee Smartlink-kiskosto RK-osaan, jolloin kotelon din-kiskon tulee olla vähintään 24-moduulin levyinen (18mm x 24 = 432mm). Smartlink-kiskostoon on RK-osassa oma 230/24VDC muuntaja.

Valvonta-alakeskusosassa sijaitsee väylällä kytketyt I/O-moduulit ja 24VAC käyttöjännitesyötön riviliittimet venttiilimoottoreille ja antureille.

Pienet RK/VAK keskuksat ovat urakkahinnaltaan halvempia kytkeä, helpompia toimittaa kohteeseen ja valmistuvat nopeammin kuin isot erilliset RK- ja VAK-keskuksat.

3.5 Urakka- ja toimitusrajat

Hajautetulla järjestelmällä toteutetut kohteet eroavat urakka- ja toimitusrajoiltaan hieman käytössä olevasta keskitetystä järjestelmästä. Hajautetussa järjestelmässä ilmanvaihtokoneiden ohjausjärjestelmät siirtyvät jakokeskukselta koneiden yhteydessä olevien RK/VAK-keskusten RK-osaan. Nousukeskukselta on sulakkeelliset lähdöt RK-osaan.

Laitetoimittaja suunnittelee ja toteuttaa konekohtaiset komponenttitarpeet ja toimittaa kuvat automaatio-, ilmastointi- ja sähköurakoitsijalle. Ilmanvaihtokoneen keskuksien ja ohjauksien suunnittelun toteuttaa LVIAS-suunnittelija. Keskuksien, taajuusmuuttajien ja toimilaitteiden toimittaminen työmaalle jää ilmastointiurakoitsijan vastuulle. Automaatiourakoitsija yhdistää valmiiksi ohjelmoidun ilmanvaihtokoneen omiin järjestelmiinsä. Tarvittaessa automaatiourakoitsija toteuttaa ilmanvaihtokoneen ohjelmoinnin laitetomittajalta ja ilmastointiurakoitsijalta saatujen tietojen mukaan. Sähköurakoitsija kytkee kaikki RK/VAK:n vahvavirtakaapeloinnit. Keskusten tullessa valmiiksi koottuina automaatiourakoitsija kytkee heikkovirtakaapeloinnit valvonta-alakeskusten, sekä muiden erilliskeskusten välillä.

Vakiokoteloita ja –ohjelmia käytettäessä laitevalmistaja tuo säätökaapeloinnit valmiiksi RK/VAK:n riviliittimille, josta automaatiourakoitsija kytkee kaapeloinnit eteenpäin omille laitteilleen.

4 KÄYTTÖKOHTEET

Hajautetun järjestelmän yhtenä etuna on vähentää kaapelointikuluja, joten mitä enemmän kaapelointia iv-konehuoneeseen tulee sitä kannattavemmaksi hajautettu järjestelmä tulee. Hajautettua järjestelmää ei voida järkevästi soveltaa kohteisiin, joissa on käytetty valmiiksi automatisoituja pakettikoneita tai kohteisiin, joihin tulee vain yksi ilmanvaihtokone. Poikkeuksena automatisoimattomat pakettikoneet ja yhden ilmanvaihtokoneen kohteissa on lämmöntalteenoton sijoittuminen etäälle puhaltimista, jolloin tulo- ja poistopuhaltimien ohjaus voidaan toteuttaa hajautetusti LTO:n kanssa.

4.1 Uudiskohteet

Mahdollisia käyttökohteita ovat kohteet joihin tarvitaan useampia ilmanvaihtokoneita. Esimerkiksi kohteisiin, joissa on keittiö tai saunaosasto, tarvitaan vähintään kaksi ilmanvaihtokonetta. Mikäli ilmanvaihtoa ei ole toteutettu pienillä huoneistokohtaisilla ilmanvaihtokoneilla sopisi hajautettu järjestelmä mittakaavaltaan jo varsin pieniinkin kohteisiin., kuten päiväkoteihin. Suurissa kohteissa, joissa on useita osastoja ja konehuoneen kaapelointikin on runsasta, saadaan hajautetulla järjestelmällä vielä selkeämpiä etuja. Mahdollisia suuria käyttökohteita ovat sairaalat, ostoskeskukset, parkkihallit, koulut, toimistokiinteistöt ja hotellit. Suurissa kohteissa ilmanvaihdon käyttökustannuksia voidaan alentaa käyttämällä tarpeenmukaista ilmanvaihtoa, kuten CO₂-ohjattuja osastokohtaisia ilmanvaihtokoneita, jolloin ilmaa voidaan vaihtaa vain siellä missä on tarvetta. Useampia koneita käytettäessä osastojen määrä voi teoriassa olla rajaton, mutta käytännössä toimistokiinteistössä osastoja voisivat kerroksittain olla esimerkiksi toimistot, käytävät ja kokoustilat.

4.2 Saneerauskohteet

Saneerauskohteissa pyritään yleensä käyttämään kaikki mahdollinen jo olemassa oleva järjestelmä hyödyksi ja tehdä sähköistys mahdollisuuksien mukaan vanhojen kuvien perusteella. Mikäli saneeraus ei koske sähköistyksen ja automaation uusimista keskitetyn järjestelmän muuttaminen hajautetuksi järjestelmäksi ei ole kannattavaa.

Pelkkä taajuusmuuttajien lisääminen ilmastoinnin ohjaukseen tai puhallinmoottoreiden vaihtaminen EC-moottoreiksi ei johda hajautettuun järjestelmään siirtymiseen. Mikäli saneeraus on niin laaja, että koneiston lisäksi myös kaapeloinnit uusitaan ja sähkökuvat päivitetään on hajautettu järjestelmä vartenotettava vaihtoehto. Tällöin kaapelointikustannuksien vähenemisen lisäksi tuleva huolto ja kunnossapito selkeytyy, sekä fyysisesti pienemmät RK/VAK-yhdistelmät on helpompi toimittaa työmaalle. Mikäli saneeraus on huolellisesti suunniteltu, saneerattava kohde voidaan ilmastoinnin puolesta ottaa käyttöön asteittain sitä mukaan, kuin ilmanvaihtokoneiden kaapelointi etenee.

4.3 Esimerkkikohteen määrittäminen ja laskut

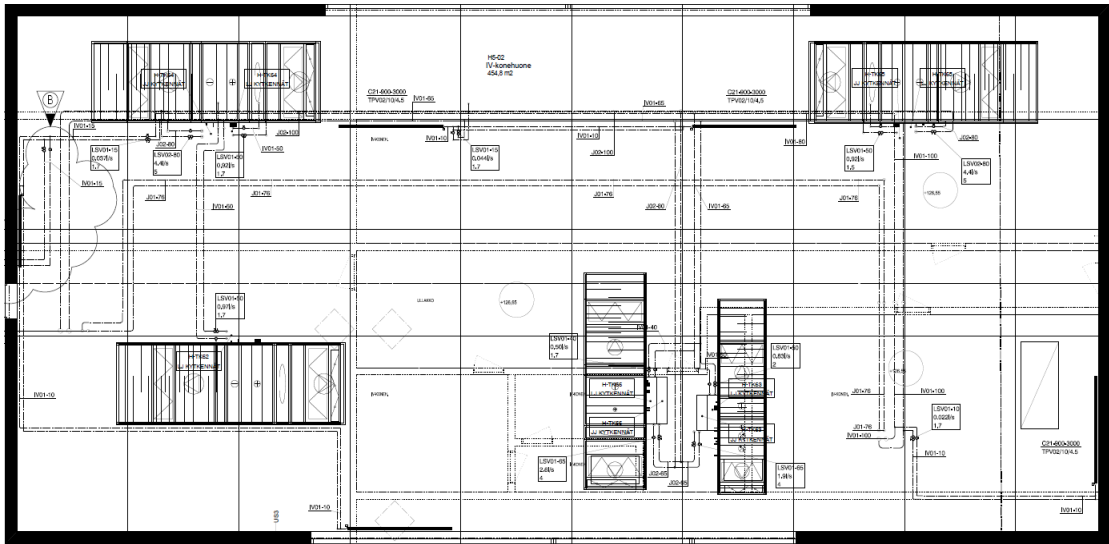
Esimerkkikohteeksi on valittu Tampereen ammattikorkeakoulun H-siiven viidennen kerroksen iv-konehuone. Kohteeseen on juuri tehty saneeraus- ja laajennusurakka, joten urakkapankista oli mahdollista saada kuvat kohteesta. H-siiven iv-konehuone sisältää viisi tulo- ja poistopuhallinta TK62-TK66. Ilmanvaihtokoneiden tehot on esitetty taulukossa 1 ja koneiden sijoittelu konehuoneeseen on esitetty kuvassa 9, kuvassa 10 on esitetty sähkökuva konehuoneesta, josta nähdään kaapelihyllyreitit sekä taajuusmuuttajien ja keskuksien sijainnit.

	TK62:	TK63:	TK64:	TK65:	TK66:
Tuloilmakoje TF01	7.5	2.2	5.5	5.5	3.0
Poistoilmakoje PF01	5.5	2.2	5.5	5.5	2.2
Kiertovesipumppu PU40	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Yhteensä	13.2kW	4.6kW	11.2kW	11.2kW	5.4kW

Taulukko 1. Ilmanvaihtokoneiden tehot

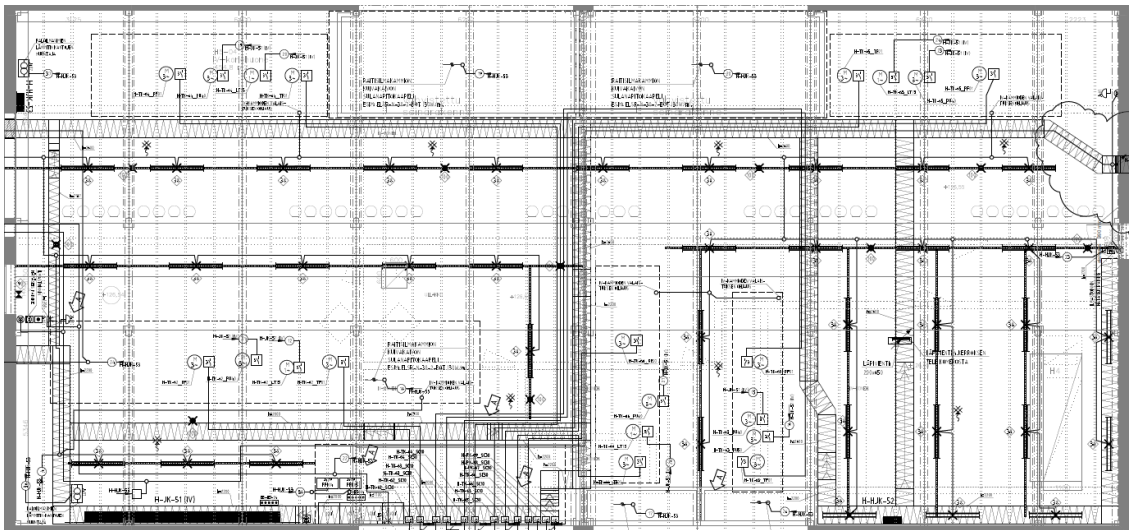
Taulukosta nähdään, että kokonaisteholtaan suurin ilmanvaihtokone on kerrosten 0-5 aulojen ja käytävien ilmanvaihtoon tarkoitettu TK62. Konehuoneen nousukaapelit on mitoitettu suurimman koneen, eli TK62:n mukaan.

Lisäksi konehuoneessa on radon-poiston ja uuden yhdyskäytävän poistokone, mutta niitä ei ole työhön laskettu mukaan.



Kuva 9. Ilmanvaihtokoneiden sijoittelu konehuoneeseen.

Kuvasta 9 nähdään iv-koneiden TK62-TK66 sijoittelu 454,8m²:n konehuoneeseen. TK62 on tarkoitettu aulojen ja käytävien, TK63 aulojen ja vessojen, TK64 Luokkien1, TK65 Luokkien2 ja TK66 musiikkitalan ja toimistojen ilmanvaihtoon.



Kuva 10. Ilmanvaihtokonehuoneen kaapelihyllyreitit, taajuusmuuttajat ja keskuksset.

Kuvasta 10 nähdään taajuusmuuttajien huono sijoittelu keskitetyssä järjestelmässä. Valtaosa taajuusmuuttajien kaapeloinnista tulee valvonta-alakeskuksesta, jolloin taajuusmuuttajien sijoittelu VAK:n läheisyyteen on luonnollista. Kuvassa 10 taajuusmuuttajien sijoitus jakokeskuksen viereen vähentää kaapelointipituuksia keskuksilta taajuusmuuttajille, mutta taajuusmuuttajilta joudutaan vetämään pitkät häiriösuojatut kaapelivedot ilmanvaihtokoneille. Hajautetun järjestelmän laskuissa taajuusmuuttajat ovat sijoitettuina ilmanvaihtokoneiden yhteyteen. Valvonta-

alakeskusta ei ole kuviin merkattu, mutta sen on oletettu olevan jakokeskus JK51:n viereisellä seinällä.

Esimerkkikohteen kaapelit ovat SLO:n varastotuotteita ja kaikki suhteelliset hintaerot ovat laskettu ALV0%-hinnoista. Työn hinta on laskettu työehtosopimuksessa olevien urakkahintojen ja kertoimien mukaisesti.

TES:n mukainen urakkahinnoittelukerroin 1.10.2013 lähtien on 1,339. Urakkahinnat ovat määritelty vuonna 2002, joten palkat ovat tästä nousseet. Urakkahinnoittelukerroin ottaa huomioon palkkojen nousun määrittelypäivästä. Lisäksi mukaan lasketaan sosiaalikulutusprosentti, joka vuonna 2014 on 79,61%

2710 JOHTOJEN JA JOHTIMIEN ASENNUS									
Johdinpoikkipinta/ mm ² enintään €/m		1	2	3	4	5	6	7	8
		Uppoasennukset			Johtotielle asennukset			Pinta-asennukset	
		Johtimien asennus putkeen ja onteloon	Maahan	Putkeen, putketon, onteloon ja kanaaliin	Oikais- tuna	Kiinnitet- tyinä	Kiinnitettynä määrätykselle	Puu	Kivi, metalli
11	2,5 mm ²	0,08	0,21	0,47	0,34	0,67	0,83	0,83	1,28
12	6 mm ²	0,12	0,29	0,59	0,45	0,81	0,98	1,02	1,41
13	16 mm ²	0,18	0,29	0,69	0,50	0,92	1,18	1,24	1,67
14	35 mm ²	0,26	0,54	0,86	0,72	1,32	1,51	1,58	2,16
15	70 mm ²	0,32	0,65	0,97	0,90	1,51	1,77	2,01	2,90
16	120 mm ²	0,45	0,90	1,24	1,24	1,92	2,30	2,78	4,04
17	185 mm ²		1,13	1,36	1,56	2,49	2,98	3,46	4,79
18	300 mm ²		1,36	1,58	2,11	3,16	3,89	4,13	5,69
19	800 mm ²		1,58	2,03	2,86	4,18	5,47	5,72	7,23

Kuva 11. TES:n mukainen johtojen asennushinta/metri.

Kuvassa 11 on esitetty taulukko TES:n mukaisista johtojen asennushinnoista. Esimerkkikohteessa vahvavirtakaapelit on laskettu kiinnitettynä johtotielle ja heikkovirtakaapelit oikaistuna johtotielle. Enintään 5-johtimiset vahvavirtakaapelit hinnoitellaan johdinpoikkipinnan mukaan. Esimerkkikohteessa käytettävät heikkovirtakaapelit hinnoitellaan poikkipinnan 2,5mm²:n mukaan kuvan 11 taulukosta. Poikkeuksena MMO 19x1,5, joka hinnoitellaan 6mm²:n mukaan.

Urakkaryhmän toimesta kiinnitettävän keskuksen asennushinta määräytyy keskuksen etulevyn pinta-alan mukaan. Metalliin kiinnitettävien keskusten TES:n mukainen urakkahinta on 38,31eur/m². Lisäksi jokaista järjestelmässä olevaa keskusta kohden tulee euron lisähinta, joten hajautetun järjestelmän keskusten asennushinta on neliöhinnaltaan kalliimpi. Keskusten asennushinta koostuu siten kiinteästä alkuhinnasta ja keskusten kokonaismäärästä kerrottuna em. kertoimilla.

Kiinnitettävän keskuksen asennushintaan sisältyy valmiiksi kootun keskuksen paikalleen asennus ja kiinnitys, saattaminen kytkentäkuntoon, sulakkeiden asentaminen

varusteineen, valmiiden nimilappujen asennus kertatyösuoritusperiaatteella, upotuskehys nysineen, aihoiden aukaisu ja suojakaappi/ovilaite.

Acti 9 -keskuskomponentit ovat kalliimpia kuin perinteiset keskuskomponentit, keskuskomponentteja ei laskuissa ole laskettu. Esimerkkikohteen laskut keskittyvät kaapelointikuluihin ja keskusten urakkahinnat on laskettu perinteisillä komponenteilla toteutettuna.

4.3.1 Laskut keskitetyllä järjestelmällä toteutettuna

Ryhmäkeskuksen JK51 etulevyn pinta-ala on noin 10m². Valvonta-alakeskusta AK25 ei ole merkattu kuviin, mutta sen on oletettu olevan noin puolet tästä eli 5m².

pinta-ala m2	Työ Eur/m2	Indeksi- korotus	Sosiaali- kulu%	Yhteensä
10	39.31	1.339	1.7961	945.40
5	39.31	1.339	1.7961	472.70
15				1418.10

Taulukko 2. Keskitetyn järjestelmän keskusten asennushinta.

Kaapeli	Kaapelin pituus/m	ALV0% Hinta/m	Työ Eur/m	Indeksi- korotus	Sosiaali- kulu%	Kaapelin hinta	Työn hinta	Yhteensä
AMCMK 4X240/72	20	42.70	1.79	1.339	1.7961	854.00	86.10	940.10
MCMK 3X6+6	60	6.74	0.81	1.339	1.7961	404.40	116.88	521.28
MCCMK 3X6+6	123	7.83	0.81	1.339	1.7961	963.09	239.61	1202.70
MCMK 4X1,5+1,5	50	2.45	0.67	1.339	1.7961	122.50	80.57	203.07
MMJ 4X1,5 S	182	1.85	0.67	1.339	1.7961	336.70	293.26	629.96
MMJ 3X1,5 S	122	1.39	0.67	1.339	1.7961	169.58	196.58	366.16
MCMK 3X1,5+1,5	40	2.25	0.67	1.339	1.7961	90.00	64.45	154.45
MCCMK 3x1,5/1,5	93	3.17	0.67	1.339	1.7961	294.81	149.85	444.66
	690					3235.08	1227.31	4462.39

Taulukko 3. Keskitetyn järjestelmän vahvavirtakaapeleiden kaapelointikulut.

Kaapeli	Kaapelin pituus/m	ALV0% Hinta/m	Työ Eur/m	Indeksi- korotus	Sosiaali- kulu%	Kaapelin hinta	Työn hinta	Yhteensä
MMO 19X1,5	10	8.47	0.45	1.339	1.7961	84.70	10.82	95.52
NOMAK 12X2X0,5+0,5	10	4.85	0.34	1.339	1.7961	48.50	8.18	56.68
NOMAK 8X2X0,5+0,5	150	3.44	0.34	1.339	1.7961	516.00	122.65	638.65
NOMAK 2X2X0,5+0,5	3105	1.20	0.34	1.339	1.7961	3726.00	2538.94	6264.94
	3275					4375.2	2680.59	7055.79

Taulukko 4. Keskitetyn järjestelmän heikkovirtakaapeleiden kaapelointikulut.

Keskitetyn järjestelmän tarkat konekohtaiset kaapelointikulut ovat taulukoituna liitteen taulukoissa 8-19.

4.3.2 Laskut hajautetulla järjestelmällä toteutettuna

Hajautetun järjestelmän laskuissa Acti 9 -järjestelmän smartlinkit ovat kytketty keskenään sarjaan väyläkaapeloinnilla.

Yhden 2x11-moduulisen RK/VAK-yhdistelmän koko ilman kaapelikourua on noin $0,8\text{m}^2$. Viiden yhdistelmän yhteen laskettu seinäpinta-ala on tällöin 4m^2 .

pinta-ala m ²	Työ Eur/m ²	Indeksi- korotus	Sosiaali- kulu%	Yhteensä
0.8	43.31	1.339	1.7961	83.33
0.8	43.31	1.339	1.7961	83.33
0.8	43.31	1.339	1.7961	83.33
0.8	43.31	1.339	1.7961	83.33
0.8	43.31	1.339	1.7961	83.33
4				416.64

Taulukko 5. Hajautetun järjestelmän keskusten asennushinta.

Nousukaapelit hajautetulle järjestelmälle on mitoitettu moottoriteholtaan suurimman ilmanvaihtokoneen mukaan. Moottoreiden tarkka malli ja kuormamomentit eivät ole tiedossa, joten suuntaa antava kojekohtainen nimellisvirta I on laskettu kaavalla:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi}$$

Pääkeskuksen nimellisvirta on 630A, joten 5s laukaisuajalla oikosulkuvirta pääkeskuksella tulee olla vähintään 6375A, impedanssi Z_{PK} pääkeskuksella on tällöin

$$Z_{PK} = \frac{0,95 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 6375} = 0,0344\Omega$$

Nousukeskusta syöttävä pääjohto on AMCMK 4x300/88, pääkeskuksen on oletettu olevan 100m etäisyydellä. Impedanssi Z_{NK} nousukeskuksella on tällöin

$$Z_{NK} = Z_{PK} + Z_L + Z_{LPE} = 0,0344\Omega + \frac{0,13\Omega}{1000m} \cdot 100m + \frac{0,206\Omega}{1000m} \cdot 100m = 0,068\Omega$$

Nousukeskuksen oikosulkuvirta I_K on tällöin:

$$I_K = \frac{C \cdot U}{\sqrt{3} \cdot Z_{NK}} = \frac{0,95 \cdot 400V}{\sqrt{3} \cdot 0,068\Omega} = 3226A$$

Nousukeskus sijaitsee pohjakerroksessa ja iv-konehuone viidennessä kerroksessa. Nousukuilun on oletettu olevan noin 20m korkea.

TK62:
$$I = \frac{13200}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,95} = 20,05A \rightarrow 25A \text{ sulake}$$

Nousukaapelin kuormitettavuus:

$$1,6 \cdot I_N \leq 1,45 \cdot I_Z$$

$$I_Z = \frac{1,6 \cdot I_N}{1,45} = \frac{1,6 \cdot 25A}{1,45} = 27,59A$$

Korjauskertoimella nousukaapelin kuormitettavuuden tulee olla:

$$\frac{27,59}{0,72} = 38,32A$$

Nousukaapeliksi on valittu AMCMK 4x16/10, jonka jatkuva kuormitettavuus korjauskertoimella on 46,08A. Kaapeli mahdollistaa nousukeskuksen sulakekoon nostamisen aina 40A:iin asti.

Impedanssi Z_{RK} TK62:n RK:lla on:

$$\begin{aligned} Z_{RK} &= Z_{PK} + Z_{NK} + Z_L + Z_{LPE} \\ &= 0,0344\Omega + 0,068\Omega + \frac{1,91\Omega}{1000m} \cdot (20m + 15m) + \frac{1,83\Omega}{1000m} \\ &\quad \cdot (20m + 15m) = 0,233\Omega \end{aligned}$$

Oikosulkuvirta TK62:n RK:lla on:

$$I_K = \frac{C \cdot U}{\sqrt{3} \cdot Z_{RK}} = \frac{0,9 \cdot 400V}{\sqrt{3} \cdot 0,233\Omega} = 892A$$

40A:n sulakkeet vaativat 237,5A oikosulkuvirran 5s laukaisuajalla, joten nousujohdon suojaus toimii moitteetta.

$$\text{TK63:} \quad I = \frac{4600}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,95} = 6,99A \rightarrow 40A \text{ sulake}$$

$$\text{TK64:} \quad I = \frac{11200}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,95} = 17,02A \rightarrow 40A \text{ sulake}$$

$$\text{TK65:} \quad I = \frac{11200}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,95} = 17,02A \rightarrow 40A \text{ sulake}$$

$$\text{TK66:} \quad I = \frac{5400}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,95} = 8,20A \rightarrow 40A \text{ sulake}$$

Kaikissa ilmanvaihtokoneissa käytetään nousukaapelina AMCMK 4x16/10-kaapelia. Kuparikaapelia käytettäessä vasta pienin MCMK 4 x 1,5 / 1,5 on metrihinnaltaan edullisempaa kuin käytetty AMCMK 4x16/10. Kaikkien ryhmäkeskusten oikosulkuvirrat ovat samaa luokkaa kuin TK62:n 892A. Ryhmäkeskusten oikosulkuvirtojen ollessa näin suuret on vaarana että ryhmäkeskuksen huoltopistorasiassa oleva vika laukaisisi samalla myös nousukeskuksen sulakkeet. Jotta selektiivinen suojaus toteutuisi ja mahdollinen vika ei pysähdyttäisi ilmanvaihtokonetta ja jotta ryhmäkeskukselle saadaan 16A johdonsuojan/vikavirran perään huoltopistorasia, tarvitsee nousukeskuksella nousukaapeleiden sulakkeiden olla 40A. Tulo- ja poistokojeiden taajuusmuuttajille, sekä pumpuille on omat suojauksensa, jotka ovat mitoitettu konekohtaisesti.

Kaapeli	Kaapelin pituus/m	ALV 0% Hinta/m	Työ Eur/m	Indeksi- korotus	Sosiaali- kulu%	Kaapelin hinta	Työn hinta	Yhteensä
AMCMK 4x16/10	172	4.78	0.92	1.339	1.7961	822.16	380.56	1202.72
AMCMK 4x16/10	100	4.78	0.89	1.339	1.7961	478.00	214.04	692.04
MCCMK 3X6+6	30	7.83	0.81	1.339	1.7961	234.90	58.44	293.34
MCMK 4X1,5+1,5	5	2.45	0.67	1.339	1.7961	12.25	8.06	20.31
MCCMK 3x1,5/1,5	20	3.17	0.67	1.339	1.7961	63.40	32.23	95.63
MMJ 4X1,5 S	25	1.85	0.67	1.339	1.7961	46.25	40.28	86.53
MMJ 3X1,5 S	20	1.39	0.67	1.339	1.7961	27.80	32.23	60.03
	372					1684.76	765.84	2450.60

Taulukko 6. Hajautetun järjestelmän vahvavirtakaapeleiden kaapelointikulut.

Taulukossa 6 on esitetty hajautetun järjestelmän vahvavirtakaapeloinnin kokonaiskustannukset. Häiriösuojatun kaapeloinnin vähentyminen hajautetussa järjestelmässä vähentää kaapelointikuluja huomattavasti. Taulukon 3 keskitettyyn järjestelmään verrattuna nousukaapeloinnin määrä nousee huomattavasti, mutta kaapelikoon pienentyessä nousukaapeloinnin hinta ei juurikaan kasva.

Kaapeli	Kaapelin pituus/m	ALV 0% Hinta/m	Työ Eur/m	Indeksi- korotus	Sosiaali- kulu%	Kaapelin hinta	Työn hinta	Yhteensä
NOMAK 8X2X0,5+0,5	50	3.44	0.34	1.339	1.7961	172.00	40.88	212.88
NOMAK 2X2X0,5+0,5	515	1.20	0.34	1.339	1.7961	618.00	421.11	1039.11
NOMAK-E 2X2X0,5+0,5	175	1.43	0.34	1.339	1.7961	250.25	143.10	393.35
	565					1040.25	605.09	1645.34

Taulukko 7. Hajautetun järjestelmän heikkovirtakaapeleiden kaapelointikulut.

Taulukossa 7 on esitetty hajautetun järjestelmän heikkovirtakaapeloinnin kokonaiskustannukset. Taulukon 4 keskitettyyn järjestelmään verrattuna nähdään, että heikkovirtakaapelointi on vähentynyt 2710 metriä. Heikkovirtakaapeloinnin väheneminen on saavutettu keskuksien sijoittelulla ilmanvaihtokoneiden yhteyteen, jolloin kaikki heikkovirtakaapeloinnit RK/VAK:n VAK-osalle ovat erittäin lyhyitä perinteiseen keskitettyyn järjestelmään verrattuna.

Hajautetun järjestelmän tarkat konekohtaiset kaapelointikulut ovat taulukoituna liitteen taulukoissa 20-26.

5 HAASTATTELUTULOKSET

Haastatteluiden avulla saadaan järjestelmään kosketuksissa olevien tahojen näkemys uudesta hajautetusta järjestelmästä. Jotta hajautettu järjestelmä saataisiin mielekkäästi laajaan käyttöön tarvitsee järjestelmän hyödyttää kaikkia urakassa mukana olevia tahoja ja etenkin loppukäyttäjää. Haastatteluilla kerätään mahdollisimman laaja tietopaketti eri tahojen näkemyksistä. Etenemällä loppukäyttäjistä ja huollosta urakoitsijoihin ja suunnittelijoihin saadaan mahdollisia parannusehdotuksia siirrettyä aina seuraavaan vaikuttavaan portaaseen.

Huollon ja kunnossapidon kokemukset järjestelmän luotettavuudesta ja huoltoystävällisyydestä on haastatteluin hankittu Schneider Electricin toteuttamista Ideaparkin ja Mikkelin ammattikorkeakoulun jo valmistuneista kohteista, jotka molemmat on toteutettu hajautetulla järjestelmällä.

Hajautetun järjestelmän myötä konehuoneen keskukset muuttuvat huomattavasti. Keskusyhdistelmien myötä syntyviä muutoksista on tiedusteltu keskusvalmistajalta, joka on jo aiemmin toimittanut RK/VAK-yhdistelmiä.

Hajautetulla järjestelmällä toteutettu iv-konehuone tuo muutoksia urakkarajoihin ja työtapoihin. Vähentynyt kaapelointi iv-konehuoneessa vaikuttaa tiettyjen urakoitsijoiden työmäärään urakkakohteessa. Urakoitsijoiden mielipide muutoksista on selvitetty haastattelemalla automaatio-, sähkö- ja LVI-urakoitsijoita. Urakoitsijoille esitetään esimerkkikohteena toimivan Tampereen ammattikorkeakoulun H-siiven iv-konehuoneen muutoksilla saavutetut tulokset. Näiden tietojen pohjalta urakoitsijat pystyvät antamaan mielipiteensä hajautetusta järjestelmästä.

Suunnittelijoiden haastatteluilla saadaan tietoa hajautetun järjestelmän vaikutuksista suunnittelijan työhön, sekä suunnittelijoiden halukkuutta toteuttaa kohteita hajautetulla järjestelmällä.

Urakan tilaaja päättää mikä järjestelmä tilataan ja kuka valitaan järjestelmän toimittajaksi. Näin ollen lopuksi tilaaja haastattelemalla on selvitetty mitä asioita tilaaja painottaa iv-konehuonetta tilattaessa ja mitä mieltä tilaaja on hajautetusta järjestelmästä.

5.1 Huolto ja kunnossapito

5.1.1 MAMK / Schneider Electric Oy

Mikkelin ammattikorkeakoulussa on hajautetulla järjestelmällä toteutettuja ilmanvaihtokoneita kahdessa siivessä yhteensä noin 30 ja yleensä kaksi konetta konehuonetta kohden. Koneiden syöttö on toteutettu virtakiskoilla. MAMK:n huollosta ja kunnossapidosta vastaa Jani Koikkalainen Schneider Electriciltä.

Koikkalainen kertoo, että hajautettuun järjestelmään ollaan oltu tyytyväisiä ja sen fyysinen sijoittelu on selkeyttänyt huoltoa ja vianetsintä on ollut huomattavasti mielekkäämpää pienistä paikallisista keskuksista, kuin isosta alakeskuksesta.

Käyttöönotto ja testaus hajautetulla järjestelmällä on ollut huomattavasti mielekkäämpää, kun kuittauspainikkeet ovat välittömässä läheisyydessä, jolloin ei tarvitse kuitata vikoja kaukana koneesta.

Koikkalainen kehuu myös, että ilmanvaihtokoneet voidaan ottaa käyttöön ja testata yksitellen. Koikkalainen on ollut myös erittäin tyytyväinen koneiden huoltopainikkeen sijaintiin koneen yhteydessä, jolloin ilmanvaihtokone saadaan helposti pysäytettyä esimerkiksi suodattimen vaihdon ajaksi.

Hajautetun järjestelmän isoksi eduksi Koikkalainen kertoo, että ohjelmamuutoksia tehdessä ei tarvitse pysäyttää kaikkia järjestelmän perässä olevia ilmanvaihtokoneita vaan keskeytys voidaan kohdistaa yksittäiseen ilmanvaihtokoneeseen.

Kiskostosityttö ei MAMK:ssa tuo lisäarvoa, koska ilmanvaihtokoneita on iv-konehuoneessa vain kaksi ja ne ovat lähellä toisiaan, joten virtakiskot ovat tarpeettomat. Negatiivisena asiana Koikkalainen pitää väylän kuormituksen mahdollista ylittymistä ja muistuttaakin kiinnittämään väyläarkkitehtuuriin ja kuormitusmäärään erityistä huomiota, sillä laitteiden päivittäminen jälkikäteen on moninkerroin kalliimpaa kuin projektin alussa.

5.1.2 Ideapark / Schneider Electric Oy

Lempäälän Ideaparkissa on viisi iv-konehuonetta, yhteensä isoja tulo- ja poistopuhaltimia on 15. Ilmanvaihtokoneiden ohjaukset on toteutettu hajautetusti, joskaan RK ja VAK eivät ole samassa kotelossa. Ilmanvaihtokoneiden syötöt on Ideaparkissa toteutettu jakelukiskoilla.

Ideaparkin kiinteistöautomaatiosta vastaava Kari Pasanen Schneider Electriciltä kertoo, että hajautettu järjestelmä on koettu toimivaksi. Pasanen on ollut tyytyväinen erityisesti hajautetun järjestelmän selkeyteen ja kaapelimäärän vähentymiseen. Hajautetut keskukset ja niiden sijainti ilmanvaihtokoneiden vieressä ovat helpottaneet ilmanvaihtokoneiden päivittäistä käyttöä, huoltoa ja käyttöönottoa. Pasanen toteaa vianetsinnän olevan huomattavasti mielekkäämpää hajautetulla järjestelmällä.

Jakelukiskojärjestelmä on Ideaparkissa todettu toimivaksi sähkönsyöttötavaksi. ainoana negatiivisena asiana Pasanen toteaa väylän kuormittuvan välillä runsaasti, mutta samalla toteaa että niin kävisi myös keskitetyssä järjestelmässä.

5.2 Kotelovalmistaja

5.2.1 JiS automation Oy

Sonja Keskinen JiS-automation Oy:stä kertoo, että JiS-Automation ei juurikaan tee ryhmäkeskuksia. RK/VAK-yhdistelmän runko tulee alihankkijalta JiS automationille, RK-osa valmiiksi tehtynä ja JiS automation kokoaa keskuksen VAK-osan. Keskinen mukaan RK/VAK-yhdistelmien valmistaminen kuitenkin onnistuu ja niitä on muutamia tehtykin. Keskinen kertoo myös, että RK/VAK-yhdistelmiä voidaan valmistaa yksitellen, jolloin hajautetulla järjestelmällä toteutettuna yksittäisten keskusten toimitus työmaalle nopeutuu ja tämä nopeuttaa yksittäisten ilmanvaihtokoneiden käyttöönottoa projektin edetessä. JiS-automation Oy:stä kerrotaan, että myös keskusten asennus työmaalla nopeutuu ja asentaminen on mielekkäämpää.

5.3 Sähköurakoitsija

5.3.1 SKM-Asennus Oy

Jussi Pölönen SKM-Asennus Oy:stä kertoo, että uuden hajautetun järjestelmän suurin hyöty sähköurakoitsijalle tulisi nopeasti toteutettavissa urakoissa. Koska kaapelointi ja sen seurauksena työaika pienenee, voidaan asentajia vapauttaa nopeammin muihin tehtäviin.

Pölönen toteaa että Acti 9 -keskuksilla toteutettuna hajautetun järjestelmän keskushinnat nousevat, joten urakan kokonaissumma ei merkittävästi pienene verrattuna käytössä olevaan keskitettyyn järjestelmään, mikä on sähköurakoitsijan kannalta hyvä asia. Perinteisillä keskuskomponenteilla toteutetun hajautetun järjestelmän urakkasumman pienenemiseen Pölönen suhtautuukin varauksella. Pölönen kuitenkin kertoo, että urakkasumman pieneneminen saattaa mahdollistaa isomman kohteen tarjoamisen, mitä ei normaalisti olisi tarjottu.

Pölönen toteaa, että uusi kaapelointitapa voi aluksi tuntua asentajalle vaikealta. Asentajan ymmärtäessä uuden toimintaperiaatteen, kaapeloinnista tulee selkeämpää ja helpommin hallittavaa. Kaapelointiurakka on uudessa hajautetussa järjestelmässä helpompi pilkkoa pienempiin osiin esimerkiksi useammalle asentajalle.

Hajautetun järjestelmän etuna Pölönen näkee keskuskomponenttien ja kaapelointien kohdistumisen selkeästi vain yhteen ilmanvaihtokoneeseen, jolloin ongelmien paikannus käyttöönottovaiheessa helpottuu.

Pölönen kertoo, että SKM-Asennus Oy on ajan saatossa toteuttanut useita iv-konehuoneita. Pölönen korostaa, että iv-konehuoneen toteuttaminen vaatii saumatonta yhteistyötä eri alojen työnjohdon ja asentajien välillä. Pölönen painottaa yhteistyön merkitystä etenkin uuteen järjestelmään siirryttäessä ja kertoo, että suunnittelijan tulisi olla voimakkaammin mukana hajautetun järjestelmän urakassa kuin perinteissä keskitetyssä järjestelmässä.

5.4 Automaatiourakoitsija

5.4.1 Schneider Electric Oy

Schneider Electric Oy:ltä mielipiteensä hajautetusta järjestelmästä antoi Sini Tuomisto. Loppukäyttäjälle hajautettu järjestelmä tuo Sini Tuomiston mukaan lähinnä hyviä asioita.

Urakkarajojen ollessa kunnossa Tuomisto uskoo hajautetun ilmastoinnin ohjausjärjestelmän nopeuttavan ja yksinkertaistavan urakoita. Mahdollisuus ohjelmoida yksittäisiä ilmanvaihtokoneita, kaapelointimäärän väheneminen ja sitä kautta paloturvallisuuden paraneminen miellyttivät Tuomistoa.

Käytettäessä Acti 9 -järjestelmää positiivisina asioina Tuomisto pitää päällekkäisen informaation vähenemistä. Nykyistä järjestelmää käytettäessä kontaktoreilta jatketaan informaatiota apukoskettimien avulla eteenpäin seuraavalle kontaktorille, tältä päällekkäisen informaation ketjulta voidaan välttyä väylätekniikalla.

Tuomisto näkee hajautetun järjestelmän potentiaalisena järjestelmänä vakio-ohjelmilla ja keskuksilla toteutettuihin kohteisiin, jolloin yhteensopivuus ongelmia ei syntyisi eri laitetoimittajien säätimien välillä ja säästöjä syntyisi vähentyneiden ohjelmamuutosten kautta.

Järjestelmä vaatii enemmän yhteistyötä urakoitsijoiden kesken, Tuomisto kertookin että yhteensopivuusongelmien välttämiseksi automaatiourakoitsija ja käytettävä järjestelmä tulisi olla selvillä jo urakkaa aloitettaessa.

Vakiokeskuksia käytettäessä Tuomisto näkee ongelmana muutosjoustavuuden kärsimisen ja erikoiset kohteet, joissa tarvitsee ohjelmoida konekohtaisesti. Acti 9 -järjestelmän Tuomisto uskoo yleistyvän ja jatkossa anturitkin olisi mahdollista yhdistää väylään kaapeloinnin vähentämiseksi entisestään.

5.5 LVI-urakoitsija

5.5.1 KaihlaSet Oy

KaihlaSet Oy:stä mielipiteensä järjestelmästä antoi Jaakko Kaihlanen. Kaihlanen on tyytyväinen mahdollisuuteen ottaa yksittäisiä ilmanvaihtokoneita käyttöön projektin edetessä. Kaihlanen kehuu myös ilmanvaihtokoneiden testauksen helpottumista. LVI-urakoitsijan työhön uusi hajautettu järjestelmä ei tuo kovinkaan paljoa muutoksia. Kaihlanen kertookin, että hajautetulla järjestelmällä muutokset koskevat lähinnä sähkö- ja automaatiourakoitsijoita. Kaihlanen korosti että isoimmat muutokset koskevat iv-suunnittelijan osuutta ja painottikin suunnittelijan merkitystä projektissa

5.6 LVI-suunnittelu

5.6.1 Systemair Oy

Juho Karjalainen Systemair Oy:stä kertoi näkemyksiään laitetoimittajan ja lvi-suunnittelijan näkökulmista. Karjalainen kertoo, että jos ilmanvaihtokoneita ei automatisoida tehtaalla ei laitetoimittajan kannalta ole suurta merkitystä toteutetaanko ilmastoinnin ohjausjärjestelmä hajautetulla vai keskitetyllä järjestelmällä. Kun ilmanvaihtokoneiden automaation tekee urakoitsija niin koneet toimitetaan tehtaalta aina ilman automatiikkaa.

Laitetoimittajan näkökulmasta Karjalainen toteaa, että ilmanvaihtokoneet pitäisi automatisoida jo tehtaalla jolloin työmaalla tehtävä kaapelointi vähenisi entisestään ja asennusaika lyhenisi. Tässä tapauksessa kustannukset siirtyvät ilmanvaihtokoneiden hintaan. Tehtaalla tehtävässä automatisoinnissa huonona puolena Karjalainen näkee laitetoimittajan rajalliset variaatiot automatiikan suhteen. Karjalainen huomauttaa, että käytettäessä valmiiksi automatisoituja ilmanvaihtokoneita sähkö- ja automaatiourakoitsijoiden työt vähenevät urakassa.

Henkilökohtaisesti Karjalainen on hajautetun järjestelmän kannalla, koska se helpottaa koneiden huoltoa sekä mahdollisten vikojen paikannusta. Tätä kautta myös helpottaa Karjalaisen ja huoltoyhtiön töitä esimerkiksi takuuajana. Karjalainen ei näe suuria

vaikutuksia LVI-suunnittelijan työhön sillä koneet ja kaikki koneiden toimintaperiaatteet pysyvät samanlaisina. Karjalainen onkin sitä mieltä, että hajautetulla järjestelmällä on enemmän vaikutuksia automaatio- ja sähkösuunnitteluun kuin LVI-suunnitteluun.

5.7 Tilaaja

5.7.1 Technopolis Oyj

Jari Liukko Technopolis Oyj:stä kertoo yleisesti tilaajan roolista urakoita tilattaessa. Liukon näkemykset tilaajan roolista ovat hänen omiaan eivätkä edusta Technopolis Oyj:n virallista kantaa. Liukko kertoo, että mikäli esimerkiksi ilmanvaihtourakkaa tilattaessa järjestelmässä on joitain epäselvyyksiä tilaaja ja urakoitsija käyvät urakkaneuvotteluissa läpi järjestelmän ja sen toteutuksen. Epäselvissä tilanteissa tilaaja kuitenkin aina lopulta päättää mikä järjestelmä kohteeseen tulee käyttöön. Urakkaa tilattaessa tilaajat painottavat hinnan lisäksi laitteiston luetettavuutta, aiempia käyttökokemuksia ja näiden lisäksi urakoitsijan tunnettavuutta sekä referenssejä aiemmista töistä. Urakoitsijaa valittaessa tilaajat kysyvät tarjouksia luotettaviksi ja hyviksi todetuilta urakoitsijoilta. Urakoitsijoiden ollessa lähtötilanteessa samalla viivalla nousee urakkahinta tällöin ratkaisevaksi tekijäksi. Mikäli urakkahinnat ovat lähellä toisiaan, niin huolto ja kunnossapito ratkaisevat valinnan. Hintaerojen ollessa suuret käytettävyyden ja kunnossapidon painoarvo saattaa pienentyä. Mikäli jokin järjestelmä tiedetään todella hankalaksi niin siinä tapauksessa hinnalla ei tilaajalle ole suurta merkitystä, vaan tällöin valitaan parempi vaihtoehto. Liukko näkee, että hajautettu ilmastoinnin ohjausjärjestelmä tuottaa etuja kohteissa missä iv-konehuoneessa on useita ilmanvaihtokoneita.

6 YHTEENVETO

Hajautetulla järjestelmällä toteutettuna esimerkkikohteen viiden ilmanvaihtokoneen kaapelointimäärä väheni 3028 metriä, eli 76% verrattuna keskitettyyn järjestelmään. Kaapeloinnin kokonaiskustannukset tippuivat 65,1%:lla

Hajautetussa järjestelmässä kaapelointikulut vähenevät huomattavasti. Konehuone on huomattavasti selkeämpi ja vähentyneet kaapeloinnit siistivät yleisilmettä. Käyttöönotto ja testaus helpottuu keskuksien ollessa ilmavaihtokoneiden välittömässä läheisyydessä. Hyvällä työn suunnittelulla ilmanvaihtokoneita voidaan ottaa käyttöön yksitellen urakan edetessä. Hajautetussa järjestelmässä asentajien työt voidaan jakaa helpommin osiin useammalle asentajalle. RK/VAK-yhdistelmät valmistuvat nopeammin ja keskuksien kuljetus työmaalle helpottuu. Huolto ja kunnosapito helpottuu sekä käyttövarmuus paranee huoltoseisausten ja mahdollisten vikojen kohdistuessa vain yksittäiseen ilmanvaihtokoneeseen. Vian kohdistuminen yhteen ilmanvaihtokoneeseen ja pienemmät keskukset nopeuttavat vianetsintää huomattavasti. Acti 9 -sarjaa käytettäessä kosketintietojen ketjutus vähenee ja mahdolliset vikapaikat voidaan minimoida. Väyläkuorman kasvaessa tulee kuitenkin olla tarkkana, että kuormituspiikit pysyvät hallinnassa, eikä väylä pääse ylikuormittumaan.

Loppukäyttäjälle hajautetusta järjestelmästä on pelkästään hyötyä. Isoimmat muutokset koskevat sähköurakoitsijaa. Sähköurakoitsijan urakasta leikataan eniten, kun kaapelivedot vähenevät. Kaapelivetojen vähenemisen lisäksi muutoksia sähköurakoitsijan työhön tuovat mahdollisen Acti 9 -järjestelmän käyttö ja ilmanvaihtokoneiden muuttunut kaapelointitapa. Haastatteluista käy ilmi, että urakoitsijoiden taholta on kiinnostusta hajautettuun järjestelmään. Lähes kaikki haastateltavat korostivat yhteistyötä eri urakoitsijoiden kanssa ja painottivat toisen urakoitsijan roolia järjestelmän käyttöönotossa. Tästä käykin ilmi urakkarajojen merkitys. Hajautetulla järjestelmällä toteutettuna rakennusurakka vaatii hyvin selkeät urakkarajat ja enakkosuunnittelua automatiikan valinnassa.

6.1 Johtopäätökset

Hajautettu ilmastoinnin ohjausjärjestelmä on halvempi toteuttaa ja tuo loppukäyttäjälle lisäarvoa. Urakkatarjousten ollessa kustannuksiltaan lähellä toisiaan tilaaja painottaa käytettävyyttä ja kunnossapitoa. Hajautettu ilmastoinnin ohjausjärjestelmä on nykyistä keskitettyä järjestelmää parempi vaihtoehto usean ilmanvaihtokoneen konehuoneissa. Käytännössä tämä mahdollistaa hajautetun järjestelmän tarjoamisen keskitetyn järjestelmän hinnalla, mutta toteutus on kaapelointikuluiltaan halvempi. Yhteistyö laitevalmistajan kanssa mahdollistaisi vakiokeskukset käytön, jolloin ohjelmointi vähentyisi ja voitaisiin käyttää myös Schneider Electricin omia keskuskomponentteja. Vakiokeskukset ja ohjelmia käytettäessä työmaalla tehtävät asennukset vähenevät ja entistä suurempi osa työstä siirtyisi laitetoimittajalle tehdastiloihin.

7 LÄHTEET

Haastattelut:

19.01.2014: Juho Karjalainen: Systemair Oy

05.02.2014: Kari Pasanen Schneider Electric Oy

14.03.2014: Jani Koikkalainen, Schneider Electric Oy

27.03.2014: Sini Tuomisto, Schneider Electric Oy

11.04.2014: Sonja Keskinen JiS-automation Oy

12.04.2014: Jussi Pölönen, SKM-Asennus Oy

14.04.2014: Jaakko Kaihlanen, KaihlaSet Oy

15.05.2014: Jari Liukko, Technopolis Oyj

<http://www.schneider-electric.com/>

Sähkötekniset työnantajat STTA ry & Sähköalojen ammattiliitto ry: Sähköistysalan työehtosopimus 1.9.2012–30.9.2014

Ville Kaivo: tutkintotyö, Tac Finalnd Oy:n uusi hajautettu ilmastoinnin ohjausjärjestelmä (2006)

8 LIITTEET

Määrä	Tunnus	Laite	Tyyppi	Alue	Hälytysrajat	Tekn.tiedot	Hankki	Asentaa	HUOM.
1	FG01	PELTIMOOTTORI	.	Auki / Klinni	.	24V, jousipalautus	AU	AU	.
1	FG30	PELTIMOOTTORI	.	Auki / Klinni	.	24V, jousipalautus	AU	AU	.
1	HS49	JÄÄTYMISVAARAN KUITTAUSPAINIKE	.	.	.	.	AU	AU	sis.Led-merkkilampun
1	LT75	LTO-LAITTEEN OHJAUSKESKUS	.	.	.	.	IU	IU	.
1	PE01	PAINE-EROLÄHETIN	.	0...500 Pa	Suodatin/-hihnavahdi, 200 Pa / 15 Pa	.	AU	AU	Paikallisenäytöllä
1	PE02	PAINE-EROLÄHETIN	.	0...5000 Pa	.	.	AU	AU	Paikallisenäytöllä
1	PE10	PAINELÄHETIN	.	0...1000 Pa	150 Pa / 250 Pa	.	AU	AU	Paikallisenäytöllä
1	PE30	PAINELÄHETIN	.	0...1000 Pa	100 Pa / 200 Pa	.	AU	AU	Paikallisenäytöllä
1	PE31	PAINE-EROLÄHETIN	.	0...500 Pa	Suodatin/-hihnavahdi, 200 Pa / 15 Pa	.	AU	AU	Paikallisenäytöllä
1	PE32	PAINE-EROLÄHETIN	.	0...5000 Pa	.	.	AU	AU	Paikallisenäytöllä
1	PE50	PAINE-EROLÄHETIN	.	0...500 Pa	200 Pa	.	AU	AU	Paikallisenäytöllä
1	SC10	TAAJUUSMUUTTAJA	.	.	.	400 VAC / 7,5 kW / 15,3 A	AU	AU	.
1	SC30	TAAJUUSMUUTTAJA	.	.	.	400 VAC / 5,5 kW / 13,2 A	AU	AU	.
1	TE01	LÄMPÖTILA-ANTURI	Keskiarvomittaus	-40...+50 °C	.	Pituus 6m	AU	AU	.
1	TE10	LÄMPÖTILA-ANTURI	.	-40...+50 °C	+/-3°C asetusarvosta	.	AU	AU	.
1	TE30	LÄMPÖTILA-ANTURI	.	0...+50 °C	.	.	AU	AU	.
1	TE49	PALUUVESIAANTURI	.	0...+100 °C	Jäätymisvaara +8°C	.	AU	AU	.
3	TI01	PAIKALLINEN LÄMPÖMITTARI	.	-30...+30°C	.	.	AU	AU	.
2	TI02	PAIKALLINEN LÄMPÖMITTARI	.	0...+60°C	.	.	AU	AU	.
1	TV45	MOOTTORIVENTTIILI	2-TIE	.	.	.	AU	PU	.

Kuva 12. Ilmanvaihtokone TK62:n säätökaavion laiteluettelo.

Kohde	Kaapeli	Kaapelin pituus/m	ALV 0% Hinta/m	Kaapelin hinta
RK51	AMCMK 4X240AL/72CU	20	42.70	854.00

Taulukko 8. Keskitetyn järjestelmän nousukaapelin ALV0% hinta.

Kaapeli	Laite	Kaapelin pituus/m	ALV 0% Hinta/m	Kaapelin hinta
MCMK 3X6+6	TF01 TAMU	10	6.74	67.40
MCMK 3X6+6	PF01 TAMU	10	6.74	67.40
MMJ 4X1,5 S	PU40 Kiertovesipumppu	15	1.85	27.75
MMJ 3X1,5 S	LT75 LTO:n ohjausyksikkö	15	1.39	20.85
MCCMK 3X6+6	TAMU-TF01	7	7.83	54.81
MCCMK 3X6+6	TAMU-PF01	11	7.83	86.13
		68		324.34

Taulukko 9. JK51:n ja TK62:n välisten vahvavirtakaapeleiden ALV0%-hinta.

Kaapeli	Laite	Kaapelin pituus/m	ALV 0% Hinta/m	Kaapelin hinta
MCMK 3X1,5+1,5	TF01 TAMU	10	2.25	22.50
MCMK 3X1,5+1,5	PF01 TAMU	10	2.25	22.50
MMU 4X1,5 S	PU40 Kiertovesipumppu	50	1.85	92.50
MCMK 4X1,5+1,5	PU50 LTO:n pumppu	50	2.45	122.50
MCCMK 3x1,5/1,5	TAMU-TF01	35	3.17	110.95
MCCMK 3x1,5/1,5	TAMU-PF01	35	3.17	110.95
		190		481.90

Taulukko 10. JK51:n ja TK63:n välisten vahvavirtakaapeleiden ALV0%-hinta.

Kaapeli	Laite	Kaapelin pituus/m	ALV 0% Hinta/m	Kaapelin hinta
MCMK 3X6+6	TF01 TAMU	10	6.74	67.40
MCMK 3X6+6	PF01 TAMU	10	6.74	67.40
MMU 4X1,5 S	PU40 Kiertovesipumppu	42	1.85	77.70
MMU 3X1,5 S	LT75 LTO:n ohjausyksikkö	42	1.39	58.38
MCCMK 3X6+6	TAMU-TF01	25	7.83	195.75
MCCMK 3X6+6	TAMU-PF01	25	7.83	195.75
		154		662.38

Taulukko 11. JK51:n ja TK64:n välisten vahvavirtakaapeleiden ALV0%-hinta.

Kaapeli	Laite	Kaapelin pituus/m	ALV 0% Hinta/m	Kaapelin hinta
MCMK 3X6+6	TF01 TAMU	10	6.74	67.40
MCMK 3X6+6	PF01 TAMU	10	6.74	67.40
MMU 4X1,5 S	PU40 Kiertovesipumppu	40	1.85	74.00
MMU 3X1,5 S	LT75 LTO:n ohjausyksikkö	40	1.39	55.60
MCCMK 3X6+6	TAMU-TF01	25	7.83	195.75
MCCMK 3X6+6	TAMU-PF01	30	7.83	234.90
		155		695.05

Taulukko 12. JK51:n ja TK65:n välisten vahvavirtakaapeleiden ALV0%-hinta.

Kaapeli	Laite	Kaapelin pituus/m	ALV 0% Hinta/m	Kaapelin hinta
MCMK 3X1,5+1,5	TF01 TAMU	10	2.25	22.50
MCMK 3X1,5+1,5	PF01 TAMU	10	2.25	22.50
MMU 4X1,5 S	PU40 Kiertovesipumppu	25	1.85	46.25
MMU 3X1,5 S	LT75 LTO:n ohjausyksikkö	25	1.39	34.75
MCCMK 3x1,5/1,5	TAMU-TF01	10	3.17	31.70
MCCMK 3x1,5/1,5	TAMU-PF01	13	3.17	41.21
		93		198.91

Taulukko 13. JK51:n ja TK66:n välisten vahvavirtakaapeleiden ALV0%-hinta.

Kaapeli	Laite	Kaapelin pituus/m	ALV 0% Hinta/m	Kaapelin hinta
MMJ 4X1,5 S	AK25	10	1.85	18.50
MMO 19X1,5	Kaapeli Y1	10	8.47	84.70
NOMAK 12X2X0,5+0,5	Kaapeli Y2	10	4.85	48.50
		30		133.20

Taulukko 14. JK51:n ja AK25:n välisten vahvavirtakaapeleiden ALV0%-hinta.

Kaapeli	Kpl	Kaapelin pituus/m	ALV 0% Hinta/m	Kaapelin hinta
NOMAK 2X2X0,5+0,5	18	10	1.20	216.00
NOMAK 8X2X0,5+0,5	2	15	3.44	103.20
		210		319.20

Taulukko 15. AK25:n ja TK62:n välisten heikkovirtakaapeleiden ALV0%-hinta.

Kaapeli	Kpl	Kaapelin pituus/m	ALV 0% Hinta/m	Kaapelin hinta
NOMAK 2X2X0,5+0,5	25	45	1.20	1350.00
NOMAK 8X2X0,5+0,5	2	15	3.44	103.20
		1155		1453.20

Taulukko 16. AK25:n ja TK63:n välisten heikkovirtakaapeleiden ALV0%-hinta.

Kaapeli	Kpl	Kaapelin pituus/m	ALV 0% Hinta/m	Kaapelin hinta
NOMAK 2X2X0,5+0,5	20	35	1.20	840.00
NOMAK 8X2X0,5+0,5	2	15	3.44	103.20
		730		943.20

Taulukko 17. AK25:n ja TK64:n välisten heikkovirtakaapeleiden ALV0%-hinta.

Kaapeli	Kpl	Kaapelin pituus/m	ALV 0% Hinta/m	Kaapelin hinta
NOMAK 2X2X0,5+0,5	20	35	1.20	840.00
NOMAK 8X2X0,5+0,5	2	15	3.44	103.20
		730		943.20

Taulukko 18. AK25:n ja TK65:n välisten heikkovirtakaapeleiden ALV0%-hinta.

Kaapeli	Kpl	Kaapelin pituus/m	ALV 0% Hinta/m	Kaapelin hinta
NOMAK 2X2X0,5+0,5	20	20	1.20	480.00
NOMAK 8X2X0,5+0,5	2	15	3.44	103.20
		430		583.20

Taulukko 19. AK25:n ja TK66:n välisten heikkovirtakaapeleiden ALV0%-hinta.

Kohde	Kaapeli	Kaapelin pituus/m	ALV 0% Hinta/m	Kaapelin hinta
TK62	AMCMK 4x16/10	35	4.78	167.30
TK63	AMCMK 4x16/10	70	4.78	334.60
TK64	AMCMK 4x16/10	62	4.78	296.36
TK65	AMCMK 4x16/10	60	4.78	286.80
TK66	AMCMK 4x16/10	45	4.78	215.10
		272		1300.16

Taulukko 20. Hajautetun järjestelmän nousukaapeleiden ALV0% hinta.

Kaapeli	Kpl	Kaapelin pituus/m	ALV 0% Hinta/m	Kaapelin hinta
NOMAK 2X2X0,5+0,5	18	5	1.20	108.00
NOMAK 8X2X0,5+0,5	2	5	3.44	34.40
		100		142.40

Taulukko 21. RK/VAK:n ja TK62:n välisten heikkovirtakaapeleiden ALV0%-hinta.

Kaapeli	Kpl	Kaapelin pituus/m	ALV 0% Hinta/m	Kaapelin hinta
NOMAK 2X2X0,5+0,5	25	5	1.20	150.00
NOMAK 8X2X0,5+0,5	2	5	3.44	34.40
		135		184.40

Taulukko 22. RK/VAK:n ja TK63:n välisten heikkovirtakaapeleiden ALV0%-hinta.

Kaapeli	Kpl	Kaapelin pituus/m	ALV 0% Hinta/m	Kaapelin hinta
NOMAK 2X2X0,5+0,5	20	5	1.20	120.00
NOMAK 8X2X0,5+0,5	2	5	3.44	34.40
		110		154.40

Taulukko 23. RK/VAK:n ja TK64:n välisten heikkovirtakaapeleiden ALV0%-hinta.

Kaapeli	Kpl	Kaapelin pituus/m	ALV 0% Hinta/m	Kaapelin hinta
NOMAK 2X2X0,5+0,5	20	5	1.20	120.00
NOMAK 8X2X0,5+0,5	2	5	3.44	34.40
		110		154.40

Taulukko 24. RK/VAK:n ja TK65:n välisten heikkovirtakaapeleiden ALV0%-hinta.

Kaapeli	Kpl	Kaapelin pituus/m	ALV 0% Hinta/m	Kaapelin hinta
NOMAK 2X2X0,5+0,5	20	5	1.20	120.00
NOMAK 8X2X0,5+0,5	2	5	3.44	34.40
		110		154.40

Taulukko 25. RK/VAK:n ja TK66:n välisten heikkovirtakaapeleiden ALV0%-hinta.

Kaapeli	Kaapelin pituus/m	ALV 0% Hinta/m	Kaapelin hinta
NOMAK-E 2X2X0,5+0,5	175	1.43	250.25

Taulukko 26. Hajautetun järjestelmän väyläkaapeloinnin ALV0%-hinta.